



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PEMULIHAN KUALITAS AIR TERCEMAR LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) MENGGUNAKAN TANAMAN KIAMBANG (*Salvinia molesta*) UNTUK AMBANG BATAS KUALITAS AIR IRIGASI

SKRIPSI



YUSRI JAMAL
06 118 051

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG 2011**

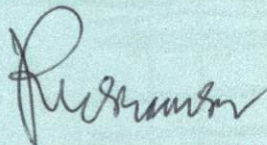
**PEMULIHAN KUALITAS AIR TERCEMAR LOGAM BERAT
TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) MENGGUNAKAN TANAMAN
KIAMBANG (*Salvinia molesta*) UNTUK AMBANG BATAS KUALITAS
AIR IRIGASI**

Oleh:

YUSRI JAMAL
06 118 051

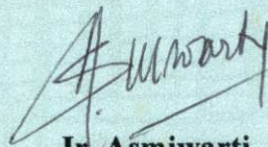
Menyetujui:

Dosen Pembimbing I



Dr. Ir. Rusnam, MS
NIP. 19630904 198903 1 002

Dosen Pembimbing II



Ir. Asmiwarti
NIP. 19490307 198003 2 001

Dekan Fakultas Teknologi
Pertanian Universitas Andalas



Prof. Dr. Ir. Fauzan Azima, MS
NIP. 19551013 198503 1 001


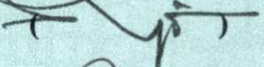
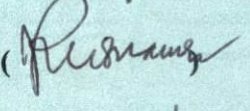
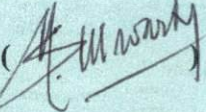
Sekretaris Program Studi
Teknik Pertanian



Prof. Dr. Ir. Santosa, MP
NIP. 19640728 198903 1 003



**Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Sidang Panitia
Ujian Sarjana Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Andalas Padang
pada 28 Oktober 2011**

No.	Nama	Tanda Tangan	Jabatan
1.	Dr.Ir.Eri Gas Ekaputra, MS		Ketua
2.	Dr.Ir.Feri Arlius, MSc		Sekretaris
3.	Dr.Ir.Rusnam, MS		Anggota
4.	Ir.Asmiwarti		Anggota

Bismillahir Rahmanir Rahiim

Satu babak dalam kehidupanku tlah usai
Sepenggal perjalanan hidup yang kujalani
dengan berbagai cerita sedih dan gembira
Dengan dada tegak dan langkah tertatih-tatih
menjalani semua peran ini

Sujud syukurku pada-Mu ... ya Allah
yang telah memberiku kekuatan, keluarga
dan teman berbagi dalam ada dan ketiadaanku
Kepada alam kukabarkan kebahagiaan ini
Kepangkuanmu ayahanda dan ibundaku
semua ini kupersembahkan
tanpa dorongan, bantuan dan ketulusanmu,
aku bukanlah siapa-siapa
dan tak berarti apa-apa.

Sekarang...
Sedikit kelegaan yang dapat kurasakan
karena langkah kakiku tak berarti sia-sia
Namun aku tak mungkin akan berhenti lama
karena hidup terus berlanjut
dan aku akan tetap melangkahkan tapak kaki
yang tentu tetap dalam lindungan-Mu... ya Allah

Sebentar lagi, akupun harus bersiap
karena babak baru dalam kehidupanku
akan segera dimulai
Semoga peran yang kau berikan
dapat kujalani sesuai dengan kehendak-Mu
dan keridhaan Engakau jua yang aku tuju
Tiada yang lain...

UCAPAN TERIMA KASIH

Pertama sekali, Lek mengucapkan syukur tiada hentinya ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan anugrah-Nya kepada saya, yaitu berupa iman dan kesempatan. Dengan iman dan kesempatan itulah saya mampu melewati segala rintangan untuk menggapai sebuah cita-cita.

Buat mama dan papa tercinta, Lek ucapkan terima kasih banyak atas do'a dan dukungannya selama ini hingga Lek mampu menyelesaikan perkuliahan dengan baik, dan buat kakakQ & abangQ terima kasih ya atas semuanya.

Buat Bpk Dr.Ir. Rusnam, MS & Ibu Ir. Asmiwarti terima kasih ya bapak dan ibu yang telah membimbing yusri hingga menyelesaikan skripsi ini dan terima kasih juga saran dan motivasi bapak dan ibu tanpa bapak dan ibu mungkin yusri Ga bisa seperti ini. Buat Bapak Ir. Moh. Agita Tjandra, Phd, Bapak Dr. Ir. Eri Gas Ekaputra, MS dan Bapak Dr. Ir. Feri Arlius, MSc yusri mengucapkan terima kasih atas kritikan dan sarannya. Buat Bu emi, makasih ya bu atas motivasinya.

Untuk SahabatQ

Cia (Inur), Uli (Irna) dan Nova (Epi) Akhirnya barenk jg Qt wisudanya he he he....., Bwt Hendra & Bayu (Smangat Ya gw yakin Qm bisa) dan Bwt Andri S.TP & Roy S.TP (akhirnya gw nyusul kalian jg)

Untuk teman-temanQ

Amel S.TP (makasih ya mel atas konsulnya), Ramon (makasih ya mon atas posternya), N' Yus (malala Lai hilang suntuak), Iki, romi, devi, oking, oka, bobi, riski, kojek dan angkatan TEP 06, 07, 08, 09 yang ga bisa gw sebutin satu persatu terima kasih ya....

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Shalawat dan salam untuk junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Tugas Akhir yang berjudul “ **Pemulihan Kalitas Air Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) untuk Ambang Batas Kualitas Air Irigasi**”. Ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknologi Pertanian.

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, Penulis banyak mendapat bimbingan, pengarahan serta motivasi dari berbagai pihak. Maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak terutama kepada Bapak Dr.Ir. Rusnam, MS sebagai pembimbing I dan ibu Ir. Asmiwarti sebagai pembimbing II. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir.Moh. Agita Tjandra, Phd selaku ketua program studi dan Bapak Dr.Ir. Eri Gas Ekaputra, MS dan Bapak Dr.Ir. Feri Arlius, MSc selaku dosen undangan saya serta teman-teman TEP angkatan 2006 yang banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini banyak terdapat kekurangan dan kesalahan, oleh sebab itu saran perbaikan akan Penulis terima dengan senang hati sehingga tugas akhir ini dapat terlaksana sesuai dengan yang diharapkan.

Padang, Nopember 2011

Y.J

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	4
1.3 Manfaat.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sumber Air.....	5
2.2 Logam Berat.....	6
2.2.1 Pencemaran Perairan oleh Logam Berat.....	8
2.2.2 Kandungan Logam Berat dalam Air.....	9
2.3 Timbal (Pb).....	10
2.4 Tembaga (Cu).....	12
2.5 Fitoremediasi.....	13
2.6 Tanaman Kiambang (<i>Salvinia molesta</i>).....	15
III. BAHAN DAN METODA	
3.1 Waktu dan Tempat.....	18
3.2 Bahan dan Alat.....	18
3.3 Metoda Penelitian.....	18
3.4 Analisis Data.....	20
3.5 Output.....	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Penelitian Pendahuluan	22
4.1.1 Logam Berat Timbal (Pb).....	22
4.1.2 Logam Berat Tembaga (Cu).....	23
4.2 Penelitian Lanjutan.....	24
4.2.1 Logam Berat Timbal (Pb).....	25
4.2.2 Logam Berat Tembaga (Cu).....	27

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....31

5.2 Saran.....31

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kadar normal dan maksimum logam berat di perairan.....	10
2. Penurunan konsentrasi Pb (Pendahuluan).....	23
3. Penurunan konsentrasi Cu (Pendahuluan).....	24
4. Penurunan konsentrasi Pb (Lanjutan).....	25
5. Penurunan konsentrasi Cu (Lanjutan).....	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Proses yang terjadi bila logam berat masuk ke lingkungan perairan	9
2. Tanaman kiambang.....	16
3. Perlakuan penelitian.....	19
4. Flow chart penelitian.....	21
5. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Pb (Pendahuluan).....	23
6. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Cu (Pendahuluan).....	24
7. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Pb (Lanjutan).....	26
8. Grafik Persentase Penurunan Logam Pb.....	27
9. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Cu (Lanjutan).....	28
10. Grafik Persentase Penurunan Logam Cu.....	29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kriteria Baku mutu air Berdasarkan Kelas.....	35
2. Perhitungan pembuatan larutan.....	38
3. Perhitungan persamaan regresi antara absorban dan larutan standar.....	40
4. Data mentah penurunan konsentrasi Pb dan Cu.....	44
5. Perhitungan lama waktu pemulihan kualitas air.....	46
6. Dokumentasi penelitian.....	49

Pemulihan Kualitas Air Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dengan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) Untuk Ambang Batas Kualitas Air Irigasi

ABSTRAK

Penelitian ini dilaksanakan di Jalan Sungai Deli A3, Lapai Padang pada bulan Juni – Juli 2011. Analisa kadar logam dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dengan menggunakan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*).

Metode penelitian ini bertujuan untuk menurunkan konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) hingga ambang batas baku mutu dengan menggunakan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*). Penelitian dilakukan dengan menambahkan konsentrasi larutan Pb dan larutan Cu dengan kenaikan 150 % dan 200 % dari baku mutu air untuk pertanian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) mampu menyerap konsentrasi larutan Pb dan larutan Cu dengan konsentrasi yang beragam. Penurunan konsentrasi logam Pb membutuhkan waktu 120 jam untuk berada dibawah ambang batas baku mutu kualitas air untuk pertanian. Penurunan konsentasi logam Cu membutuhkan waktu 144 jam untuk berada dibawah ambang batas baku mutu kualitas air untuk pertanian.

Kata kunci : Logam Berat, Kiambang, Fitoremediasi, Baku Mutu Kualitas Air.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri semakin pesat dari tahun ke tahun, hal ini ditandai dengan semakin bertambahnya pabrik yang muncul seperti pabrik pupuk, tekstil, plastik, besi, baja, semen dan lain sebagainya. Pemakaian dan pengolahan produk-produk dengan menggunakan bahan kimia memang sudah tidak bisa dihindarkan lagi dari aktivitas produksi pada pabrik-pabrik yang kini tengah banyak berdiri. Besarnya ketergantungan akan penggunaan bahan kimia tersebut ternyata membawa dampak yang cukup serius pada masalah sisa dari hasil produksi yang biasa disebut sebagai limbah. Pembuangan limbah industri yang dilakukan secara langsung akan dapat menyebar ke air, udara dan tanah sehingga berpotensi menimbulkan terjadinya pencemaran. Pencemaran air oleh logam-logam berat seperti timbal, kadmium, raksa, kobalt, seng, arsen, besi, tembaga dan senyawa lainnya, semula menyebar dalam konsentrasi kecil, akan tetapi pada proses selanjutnya akan mengalami pemekatan, sehingga pada konsentrasi tertentu dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan (Darmono, 1995).

Logam-logam berat yang berasal dari sisa berbagai kegiatan seperti pertambangan, industri dan transportasi merupakan limbah yang tergolong dalam kelompok B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang sering ditemukan dalam air, tanah, dan udara. Beberapa logam berat tersebut seperti *arsenic* (As), Timbal(Pb), *mercury* (Hg), *kadmium* (Cd), tembaga (Cu), dan *chromium* (Cr) (Hidayat, 2010).

Diantara logam berat yang banyak mencemari air sungai adalah timbal (Pb) dan tembaga (Cu). Timbal (Pb) termasuk dalam kelompok logam yang beracun dan berbahaya bagi kehidupan makhluk hidup disebut juga sebagai *non essential trace element* yang paling tinggi kadarnya dalam tubuh manusia. Limbah yang mengandung Pb dapat berasal dari limbah penggunaan batu bara dan minyak, limbah pabrik peleburan besi dan baja pabrik produksi semen dan limbah dari penggunaan logam yang bersangkutan untuk hasil produksinya seperti pabrik baterai, tekstil, pestisida, gelas, keramik dan lain-lain (Darmono, 2001). Logam tembaga (Cu) banyak digunakan pada pabrik yang memproduksi alat-alat listrik,

gelas dan zat warna yang biasanya bercampur dengan logam lain seperti alloy dengan perak, kadmium, timah putih dan seng.

Mengel dan Kirby (1987) menyebutkan bahwa secara biokimia Pb dan Cu berfungsi menghambat sistem enzim dalam mengkonversi asam amino dan pencemaran tumbuhan oleh Pb akan sangat membahayakan kesehatan dan mengurangi laju pertumbuhan tanaman. Kadar Pb normal dalam tumbuhan berkisar antara 2 – 3 mg/l. Pertumbuhan tanaman terhambat karena terganggunya proses fotosintesis akibat kerusakan jaringan daun.

Perkembangan industri tekstil di sepanjang jalan Rancaekek-Cicalengka, Bandung telah membawa pengaruh terhadap kualitas air dan sedimen di air permukaan sekitarnya, salah satunya adalah industri tekstil PT X yang mengalirkan limbah cairnya ke Sungai Cikijing. Sungai Cikijing dipergunakan sebagai air irigasi, yaitu peruntukan air kelas empat (golongan D). Daerah ini dulu dikenal sebagai daerah lumbung padi dan penghasil ikan. Namun, sejak industri tekstil mulai berkembang tahun 1990-an, sebutan tersebut mulai luntur akibat daya produksinya menurun. Sekarang luasan lahan pertanian di kawasan tersebut nyaris punah. Berdasarkan data-data dan pernyataan dari sejumlah petani, sebelum adanya pabrik tekstil, produksi padi bisa mencapai 5,5 ton/ha. Saat ini, setelah pabrik-pabrik membuang limbahnya dan mencemari sawah-sawah petani, dengan jumlah luasan lahan yang sama, produksi padi hanya 2,8 ton/ha. Produksi sebesar itupun jarang terjadi karena petani sering gagal panen (Rijasu, 2009).

Keberadaan logam berat Cd dan Pb di Sungai Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa timur berasal dari limbah kawasan industri yang berada di sekitar sungai tersebut. Setiap industri menggunakan bahan baku dan bahan pembantu yang berbeda dalam proses produksinya. Diantaranya ada yang menggunakan bahan kimia yang berbahaya. Para pelaku industri biasanya membuang limbah industri ke dalam badan perairan atau sungai dengan atau tanpa melalui proses pengolahan terlebih dulu. Air tersebut adakalanya digunakan untuk mengaliri sawah, di dalam tanah akan terjadi penimbunan logam berat. Bersamaan dengan penyerapan unsur hara oleh tanaman, logam berat tersebut akan ikut terserap dalam tanaman, dan akhirnya akan terakumulasi dalam jaringan tumbuhan.

Logam berat terserap kedalam jaringan tanaman melalui akar, yang selanjutnya akan masuk ke dalam siklus rantai makanan (Arroway, 1970). Logam akan terakumulasi pada jaringan tubuh dan dapat menimbulkan keracunan bagi manusia, hewan dan tumbuhan apabila melebihi batas toleransi.

Berdasarkan uraian di atas, perlu adanya upaya-upaya pengendalian pencemaran lingkungan khususnya limbah timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang masuk ke perairan yang dimanfaatkan untuk aktivitas pertanian. Secara garis besar sebenarnya ada dua cara yang bisa dilakukan untuk mencegah dan mengatasi pencemaran oleh logam berat, yaitu cara kimia dan biologi. Cara kimia, antara lain dengan reaksi chelating, yaitu memberikan senyawa asam yang bisa mengikat logam berat sehingga terbentuk garam dan mengendap. Namun, cara ini membutuhkan biaya yang cukup besar. Cara kedua yaitu penanggulangan secara biologi yang bisa menjadi alternatif terhadap mahalanya penanggulangan secara kimia. Salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi fitoremediasi.

Fitoremediasi (*phytoremediation*) merupakan suatu sistem dimana tanaman tertentu, secara sendiri atau bekerja sama dengan mikroorganisme dalam media (tanah, koral dan air), dapat mengubah zat kontaminan (pencemar/polutan) menjadi kurang atau tidak berbahaya bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi.

Pada penelitian ini tanaman yang akan dimanfaatkan untuk proses penurunan konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) adalah tanaman kiambang (*Salvinia Molesta*) yang merupakan jenis tanaman yang potensial sebagai pengikat logam berat. Pemilihan tanaman kiambang pada penelitian ini didasarkan pada pertimbangan— pertimbangan antara lain tanaman kiambang merupakan jenis tanaman yang banyak dijumpai di Indonesia dan tidak memerlukan perawatan khusus serta pemeliharaannya sangat mudah.

Rini (2004) meneliti pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan krom dalam larutan oleh tanaman kiambang (*Salvinia molesta*). Srivastaw (1994) telah menggunakan tanaman kiambang (*Salvinia molesta*) untuk menurunkan kadar Cr dan Ni dalam air limbah.

Berdasarkan hal diatas, maka penulis bermaksud melakukan penelitian dengan judul **“Pemulihan Kualitas Air Tercemar Logam Berat Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Menggunakan Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*) untuk Ambang Batas kualitas Air Irigasi”**.

1.2 Tujuan

Tujuan dilakukannya penelitian adalah untuk menurunkan konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dengan menggunakan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*).

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu : (1) Penanggulangan pencemaran air yang terkontaminasi oleh logam berat Pb dan Cu menggunakan tanaman kiambang dan (2) Sebagai bahan pertimbangan bagi instansi terkait dalam penanggulangan atau pengelolaan pencemaran air oleh Pb dan Cu.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Air

Air merupakan salah satu faktor penting bagi semua kehidupan makhluk hidup. Bila kurang atau berlebihan dapat menyebabkan terganggunya kehidupan makhluk hidup yang bersangkutan.

Menurut Sarif (1985) dan Suiono *et al.* (1993), bahwa di bumi terdapat kira-kira 1,3 hingga 1,4 milyar km^3 air. 9,75 % di antaranya terdapat di laut, berbentuk es sekitar 0,73 % berada di daratan sebagai air sungai, air danau, air tanah dan lain sebagainya, hanya 0,001 % yang berbentuk uap di udara. Sebagian besar air tawar diperlukan untuk irigasi lahan-lahan pertanian, khususnya tanaman pangan yang memerlukan perhatian serius dalam pengelolaannya. Seperti halnya perbandingan luas lahan rata-rata untuk setiap penduduk (orang) yang semakin menurun dari waktu ke waktu, begitu pula jumlah air yang diperlukan untuk seluruh keperluan setiap orang akan semakin menurun sebagai akibat kenaikan jumlah penduduk. Setiap orang rata-rata secara wajar memerlukan sebanyak 60 liter air bersih setiap harinya untuk seluruh keperluan sehingga di seluruh dunia dengan penduduk 4,8 milyar tahun 1984 memerlukan air bersih sebanyak 288 km^3 , pada tahun 2000 sebanyak 372 km^3 , dan tahun 2005 sebanyak 600 km^3 setiap harinya.

Air selalu mengalami perubahan karena sirkulasi yang kontinyu. Air laut dan air daratan melalui atmosfer, sirkulasinya berlangsung terus dalam mencari keseimbangannya (Sosrodarsono dan Takeda, 1977). Air di bumi terus berada dalam sirkulasi yang berkesinambungan dari adanya penguapan yang akan membentuk awan, kemudian membentuk hujan ke daratan atau ke lautan. Air hujan yang jatuh ke daratan sebagian akan masuk ke dalam tanah, sebagian lagi akan mengalir ke daerah-daerah yang lebih rendah, masuk ke sungai dan akhirnya ke laut. Air yang masuk ke dalam tanah, sebagian akan keluar kembali ke sungai-sungai, sebagian lagi akan tersimpan sebagai air tanah, air untuk kebutuhan rumah tangga, air danau, air comberan, air rawa dan air laut. Air tersebut merupakan sumber air yang bisa kita manfaatkan (Najiyati dan Danarti, 1992).

Sumber air alamiah di daerah pertanian adalah : (1) Air hujan, yaitu air yang langsung dari atmosfer dan merupakan sumber utama daerah pertanian, (2) Air permukaan, yaitu air hujan yang mengalami limpasan, berakumulasi sementara di tempat-tempat rendah, misalnya air sungai, waduk, danau, rawa dan lain-lain, (3) Air tanah, yaitu air hujan yang mengendap sementara waktu atau terkekang di lapisan bawah, misalnya sumur ladang (Arsyad, 1983).

Sungai merupakan tempat terkumpulnya air yang berasal dari curah hujan, mata air, buangan rumah tangga dan industri untuk di alirkan ke laut (Najiyati dan Danarti, 1992).

Sungai merupakan salah satu sumber air irigasi. Tetapi tidak semua sungai dapat dipergunakan untuk maksud tersebut, sehubungan dengan unsur-unsur yang terkandung di dalam sungai tersebut (kualitas air). Air sungai yang bermuara ke laut, pada umumnya di pengaruhi oleh pasang surut air laut, pengaruh air laut akan mempengaruhi kualitas air (nilai salinitas tinggi), dengan salinitas tinggi maka air ini tidak dapat untuk irigasi (Tim survei USU, 1977).

Rawa adalah tanah basah yang selalu digenangi air karena buruknya drainase atau letaknya yang rendah. Air rawa umumnya mempunyai pH rendah (Najiyati dan Danarti, 1992).

Danau merupakan massa air yang seluruhnya di kelilingi daratan dan terbentuk secara alami karena adanya cekungan permukaan tanah yang luas. Air danau ada yang rasanya asin karena kandungan garam yang tinggi, tawar dan air danau yang mengandung asam organik hanya sedikit. Air danau yang sedikit atau tidak mengandung asam organik dapat dipergunakan sebagai air irigasi (Najiyati dan Danarti, 1992).

2.2 Logam Berat

Logam adalah unsur alam yang dapat diperoleh dari laut, erosi batuan tambang, vulkanisme dan sebagainya. Umumnya logam-logam di alam ditemukan dalam bentuk persenyawaan dengan unsur lain, sangat jarang yang ditemukan dalam elemen tunggal. Unsur ini dalam kondisi suhu kamar tidak selalu berbentuk padat melainkan ada yang berbentuk cair, misalnya merkuri (Hg). Dalam badan perairan, logam pada umumnya berada dalam bentuk ion-ion, baik sebagai

pasangan ion ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal. Sedangkan pada lapisan atmosfer, logam ditemukan dalam bentuk partikulat, dimana unsur-unsur logam tersebut ikut berterbangan dengan debu-debu yang ada di atmosfer. Melihat bentuk dan kemampuannya setiap logam haruslah memiliki sifat-sifat sebagai berikut: (1) Memiliki kemampuan yang baik sebagai penghantar daya listrik (konduktor), (2) Memiliki kemampuan sebagai penghantar panas yang baik, (3) Memiliki rapatan yang tinggi, (4) Dapat membentuk alloy dengan logam lainnya dan (5) Untuk logam yang padat, dapat ditempa dan dibentuk.

Logam berat adalah unsur-unsur yang mempunyai daya hantar panas dan daya hantar listrik yang tinggi serta mempunyai densitas lebih dari lima (Hutagalung, 1991). Logam berat biasanya bernomor atom 22 – 92 dan periode 3 sampai 7 dalam susunan berkala unsur-unsur kimia. Beberapa unsur logam berat tersebut antara lain : Hg, Pb, Cd, Cr, Zn, dan Cu. Pada umumnya semua logam berat tersebar diseluruh permukaan bumi baik di tanah, air dan udara. Logam berat ini dapat berbentuk organik, anorganik terlarut atau terikat dalam satu partikel (Harahap, 1991).

Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, maka tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air dapat diurutkan (dari tinggi ke rendah) sebagai berikut merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co). Daftar urutan toksisitas logam paling tinggi ke paling rendah terhadap manusia yang mengkonsumsi ikan adalah sebagai berikut $Hg^{2+} > Cd^{2+} > Ag^{2+} > Ni^{2+} > Pb^{2+} > As^{2+} > Cr^{2+} > Sn^{2+} > Zn^{2+}$. Sedangkan menurut Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu bersifat toksik tinggi yang terdiri dari atas unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn. Bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co, sedangkan bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

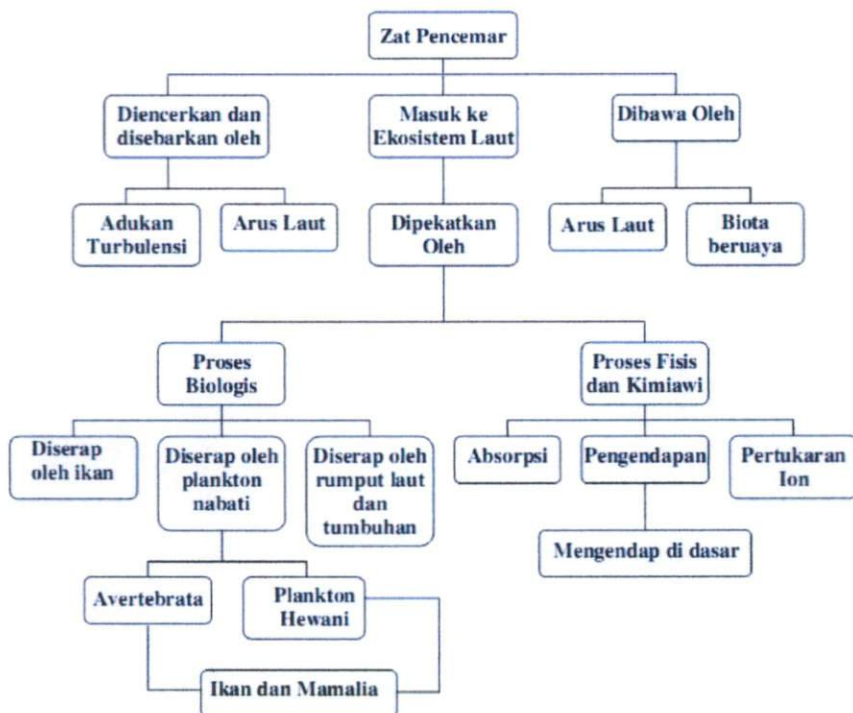
Adanya logam berat di perairan, berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu: (1) Sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan), (2) Dapat terakumulasi

dalam organisme termasuk kerang dan ikan serta akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut. (3) Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air. Disamping itu sedimen mudah tersuspensi karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu.

2.2.1 Pencemaran Perairan oleh Logam Berat

Definisi cemar menurut Saeni (1989) adalah zat yang mempunyai pengaruh menurunkan kualitas lingkungan atau menurunkan nilai lingkungan itu. Sedangkan kontaminan adalah zat yang menyebabkan perubahan dari susunan normal dari suatu lingkungan. Kontaminan tidak digolongkan sebagai cemar bila tidak menimbulkan penurunan kualitas lingkungan. Pencemaran adalah peristiwa adanya penambahan bermacam-macam bahan sebagai hasil dari aktivitas manusia ke dalam lingkungan yang biasanya memberikan pengaruh berbahaya terhadap lingkungan itu. Logam berat merupakan salah satu unsur pencemar perairan yang bersifat toksik dan harus terus diwaspadai keberadaannya. Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya yaitu logam berat tidak dapat dihancurkan (*non degradable*) oleh organisme hidup di lingkungan dan terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik secara adsorpsi dan kombinasi.

Bila bahan cemar masuk ke dalam lingkungan perairan, maka bahan cemar ini akan mengalami tiga proses akumulasi yaitu proses fisik, kimia dan biologis seperti pada Gambar 1 (Hutagalung, 1991).



Gambar 1. Proses Yang Terjadi bila Logam Berat Masuk ke Lingkungan Perairan

2.2.2 Kandungan Logam Berat dalam Air

Logam berat biasanya ditemukan sangat sedikit dalam air secara alamiah, yaitu kurang dari 1 mg/l. Bila terjadi erosi alamiah, konsentrasi logam tersebut dapat meningkat. Beberapa macam logam biasanya lebih dominan daripada logam lainnya dan dalam air biasanya tergantung pada asal sumber air (air tanah dan air sungai). Disamping itu jenis air (air tawar, air payau dan air laut) juga mempengaruhi kandungan logam di dalamnya (Darmono 2001).

Kadar ini dapat meningkat jika terjadi peningkatan limbah yang mengandung logam berat masuk ke dalam laut. Limbah ini dapat berasal dari aktivitas manusia di laut yang berasal dari pembuangan sampah kapal-kapal, penambangan logam di laut dan lain-lain, sedangkan limbah yang berasal dari darat seperti limbah perkotaan, pertambangan, pertanian dan perindustrian. Kadar normal dan maksimum logam berat yang masuk ke lingkungan perairan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini :

Tabel 1. Kadar normal dan maksimum logam berat yang masuk ke lingkungan Perairan

Unsur	Kadar (mg/l)	
	Normal A	Maksimum B
Timbal (Pb)	0,00003	0,01
Tembaga (Cu)	0,002	0,05

Sumber : (A) Waldichuk, 1974; (B) Hutagalung, 1991

Menurut Palar (2004), kelarutan dari unsur-unsur logam dan logam berat dalam badan perairan dikontrol oleh : (1) pH badan air, (2) Jenis dan konsentrasi logam khelat, (3) Keadaan komponen mineral teroksidasi dan sistem yang berlingkungan redoks.

2.3 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan logam lunak yang berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan dengan titik leleh pada 327,5°C dan titik didih 1.740°C pada tekanan atmosfer. Senyawa Pb-organik seperti Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil merupakan senyawa yang penting karena banyak digunakan sebagai zat aditif pada bahan bakar bensin dalam upaya meningkatkan angka oktan secara ekonomi. Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil berbentuk larutan dengan titik didih masing-masing 110°C dan 200°C. Karena daya penguapan kedua senyawa tersebut lebih rendah dibandingkan dengan daya penguapan unsur-unsur lain dalam bensin, maka penguapan bensin akan cenderung memekatkan kadar Pb-tetraetil dan Pb-tetrametil. Kedua senyawa ini akan terdekomposisi pada titik didihnya dengan adanya sinar matahari dan senyawa kimia lain diudara seperti senyawa hologen asam atau oksidator.

Pb dalam batuan berada pada struktur silikat yang menggantikan unsur kalsium (Ca), dan baru dapat diserap oleh tumbuhan ketika Pb dalam mineral utama terpisah oleh proses pelapukan. Pb di dalam tanah mempunyai kecenderungan terikat oleh bahan organik dan sering terkonsentrasi pada bagian atas tanah karena menyatu dengan tumbuhan dan kemudian terakumulasi sebagai hasil pelapukan di dalam lapisan humus. Diperkirakan 95% Pb dalam sedimen (nonorganik dan organik) dibawa oleh air sungai menuju samudera. Pb relatif dapat melarut dalam air dengan pH < 5 dimana air yang bersentuhan dengan timah

hitam dalam suatu periode waktu dapat mengandung $> 1 \mu\text{g Pb/dm}^3$, sedangkan batas kandungan dalam air minum adalah $50 \mu\text{g Pb/dm}^3$ (Herman, 2006).

Pembakaran Pb-alkil sebagai zat aditif pada bahan bakar kendaraan bermotor merupakan bagian terbesar dari seluruh emisi Pb ke atmosfer. Berdasarkan estimasi sekitar 80–90% Pb di udara ambien berasal dari pembakaran bensin, tidak sama antara satu tempat dengan tempat lain karena tergantung pada kepadatan kendaraan bermotor dan efisiensi upaya untuk mereduksi kandungan Pb pada bensin. Penambangan dan peleburan batuan di beberapa wilayah sering menimbulkan masalah pencemaran. Tingkat kontaminasi Pb di udara dan air sekitar wilayah tersebut tergantung pada jumlah Pb yang diemisikan, tinggi cerobong pembakaran limbah, topografi dan kondisi lokal lainnya. Peleburan Pb sekunder, penyulingan, industri senyawa dan barang-barang yang mengandung Pb dan insinerator juga dapat menambah emisi Pb ke lingkungan. Kegiatan berbagai industri yang terutama menghasilkan besi dan baja, peleburan tembaga dan pembakaran batubara, harus dipandang sebagai sumber yang dapat menambah emisi Pb ke udara. Penggunaan pipa air yang mengandung Pb di rumah tangga terutama pada daerah yang kesadahan airnya rendah (lunak) dapat menjadi sumber pemajanan Pb pada manusia. Demikian juga di daerah dengan banyak rumah tua yang masih menggunakan cat yang mengandung Pb dapat menjadi sumber pemajanan Pb.

Pb yang terhirup oleh manusia setiap hari akan diserap, disimpan dan kemudian disimpan dalam darah. Bentuk Kimia Pb merupakan faktor penting yang mempengaruhi sifat-sifat Pb di dalam tubuh. Komponen Pb organik misalnya tetraethyl Pb segera dapat terabsorpsi oleh tubuh melalui kulit dan membran mukosa. Pb organik diabsorpsi terutama melalui saluran pencernaan dan pernafasan dan merupakan sumber Pb utama di dalam tubuh. Tidak semua Pb yang terisap atau tertelan ke dalam tubuh akan tertinggal di dalam tubuh. Kira-kira 5-10 % dari jumlah yang tertelan akan diabsorpsi melalui saluran pencernaan, dan kira-kira 30 % dari jumlah yang terisap melalui hidung akan diabsorpsi melalui saluran pernafasan akan tinggal di dalam tubuh karena dipengaruhi oleh ukuran partikel-partikelnya. Di dalam tubuh Pb dapat menyebabkan keracunan akut maupun keracunan kronik (Santi, 2001).

Jumlah Pb minimal di dalam darah yang dapat menyebabkan keracunan berkisar antara 60-100 mikro gram per 100 ml darah. Pada keracunan akut biasanya terjadi karena masuknya senyawa timbal yang larut dalam asam atau menghirup uap Pb tersebut. Gejala-gejala yang timbul berupa mual, muntah, sakit perut hebat, kelainan fungsi otak, anemia berat, kerusakan ginjal bahkan kematian dapat terjadi dalam 1-2 hari. Kelainan fungsi otak terjadi karena Pb ini secara kompetitif menggantikan mineral-mineral utama seperti seng, tembaga, dan besi dalam mengatur fungsi mental kita. Keracunan timbal kronik menimbulkan gejala seperti depresi, sakit kepala, sulit berkonsentrasi, gelisah, daya ingat menurun, sulit tidur, halusinasi dan kelemahan otot. Susunan saraf pusat merupakan organ sasaran utama timbal. Menurut penelitian dr M. Erikson menunjukkan bahwa wanita hamil yang memiliki kadar timbal tinggi dalam darahnya ternyata 90 % dari simpanan timbal pada tubuhnya dialirkan kepada janin melalui plasenta, dimana keracunan pada janin mempengaruhi intelektual dan tingkah laku anak di kemudian hari (Santi, 2001). Menurut Sudarmaji, *dkk.* (2006), paparan bahan tercemar Pb dapat menyebabkan gangguan pada organ seperti gangguan neurologi, gangguan fungsi ginjal, gangguan sistem reproduksi, gangguan sistem hemopoetik dan gangguan sistem syaraf.

2.4 Tembaga (Cu)

Logam tembaga (Cu) yang masuk ke dalam tatanan lingkungan perairan dapat terjadi secara alamiah maupun sebagai efek samping dari kegiatan manusia. Secara alamiah Cu masuk kedalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun dari atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan dari aktifitas manusia seperti kegiatan industri, pertambangan Cu, maupun industri galangan kapal beserta kegiatan dipelabuhan merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam perairan. (Palar, 1994).

Connel dan Miller (1995) menyatakan bahwa Cu merupakan logam essensial yang jika berada dalam kosentrasi rendah dapat merangsang pertumbuhan organisme sedangkan dalam konsetrasi yang tinggi dapat menjadi penghambat. Selanjutnya oleh Palar (1994) menyatakan bahwa biota perairan sangat peka terhadap kelebihan Cu dalam perairan sebagai tempat hidupnya.

Konsentrasi Cu terlarut yang mencapai 0,01 mg/l akan menyebabkan kematian bagi fitoplankton. Dalam tenggang waktu 96 jam biota yang tergolong dalam Mollusca akan mengalami kematian bila Cu yang terlarut dalam badan air berada pada kisaran 0,16 sampai 0,5 mg/l.

Beragam aktivitas manusia serta pemanfaatan lahan yang berbeda – beda di sekitar perairan sangat memungkinkan akan terjadinya perbedaan kandungan Cu di sedimen maupun di dalam perairan tersebut. Sedimen dan perairan yang kaya akan nutrisi dapat merangsang pertumbuhan tanaman air antara lain kiambang.

2.5 Fitoremediasi

Pencemaran lingkungan di berbagai negara, termasuk Indonesia, sudah sangat kompleks dan mengkhawatirkan seiring dengan pesatnya kemajuan ilmu pengetahuan di berbagai bidang. Salah satu teknik dalam memperbaiki kualitas lingkungan yang tercemar adalah dengan teknik fitoremediasi. Menurut Priyanto dan Prayitno (2006), fitoremediasi berasal dari kata *phyto* (asal kata Yunani *phyton*) yang berarti tumbuhan/tanaman (*plant*) dan kata *remediation* (asal kata Latin *remediare* = *to remedy*) yaitu memperbaiki/ menyembuhkan atau membersihkan sesuatu. Dengan demikian fitoremediasi dapat didefinisikan sebagai: penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan, atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik.

Menurut Mangkoedihardjo (2005), bahwa proses fitoremediasi secara umum dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan. USEPA (1999, 2005) dan ITRC (2001) secara umum membuat klasifikasi proses sebagai berikut:

1. Fitostabilisasi (*phytostabilization*); Akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan presipitat polutan dalam zona akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik yang terkandung minyak yaitu sulfur, nitrogen, dan beberapa logam berat (sekitar 2-50% kandungan minyak).



2. Fitoekstraksi/fitoakumulasi (*phytoextraction/phytoaccumulation*); Akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini cocok digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik seperti pada proses fitostabilisasi.
3. Rizofiltrasi (*rhizofiltration*); Akar tumbuhan mengadsorpsi atau mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar. Proses ini digunakan untuk bahan larutan yang mengandung bahan organik maupun anorganik.
4. Fitodegradasi/fitotransformasi (*phytodegradation/phytotransformation*); Organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik.
5. Rizodegradasi (*rhizodegradation/enhanced rhizosphere biodegradation/phytostimulation/plant-assisted-bioremediation/degradation*); Polutan yang diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat/sinergis oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alkohol, asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya. Proses ini tepat untuk dekontaminasi zat organik.
6. Fitovolatilisasi (*Phytovolatilization*); Penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Proses ini tepat digunakan untuk kontaminan zat-zat organik.

Tumbuhan hiperakumulator adalah tumbuhan yang mempunyai kemampuan untuk mengkonsentrasikan logam di dalam biomasnya dalam kadar yang luar biasa tinggi. Batas hiperakumulator berbeda-beda bergantung pada jenis logamnya, misalnya kadmium 0,01% (100 mg/kg BK) sedangkan kobalt, tembaga dan timbal adalah 0,1% (1.000 mg/kg BK) serta seng dan mangan adalah 1% (10.000 mg/kg BK). Laporan pertama mengenai adanya tumbuhan hiperakumulator muncul pada tahun 1948 oleh Minguzzi dan Vergnano, yang menemukan kadar nikel setinggi 1,2% dalam daun *Alyssum bertolonii*. Sejak itu, terutama dengan mengandalkan analisis mikro terhadap spesimen herbarium, diketahui ada 435 taxa tumbuhan hiperakumulator logam yang tumbuh tersebar di

lima benua dan semua wilayah iklim.

Menurut Arisandi (2001), mekanisme yang mungkin dilakukan oleh tumbuhan untuk menghadapi konsentrasi toksik adalah:

1. Penanggulangan (ameliorasi); untuk meminimumkan pengaruh toksin terdapat empat pendekatan, yaitu :
 - a. Lokalisasi (intraseluler atau ekstraseluler); biasanya pada organ akar.
 - b. Ekskresi; secara aktif melalui kelenjar pada tajuk atau secara pasif melalui akumulasi pada daun-daun tua yang diikuti dengan pengguguran daun.
 - c. Dilusi (melemahkan); melalui pengenceran.
 - d. inaktivasi secara kimia; mekanisme pembentukan kompleks logam sering dijumpai pada tumbuhan, seperti pada tembaga (Cu) yang biasanya mengalami translokasi pembentukan kelat dengan asam-asam poliamino-polikarboksilik.
2. Toleransi; tumbuhan mengembangkan sistem metabolik yang dapat berfungsi pada konsentrasi toksik.

2.6 Tanaman Kiambang (*Salvinia moesta*)

Taksonomi kiambang :

Kerajaan : Plantae

Divisi : Pteridophyta

Kelas : Pteridopsida

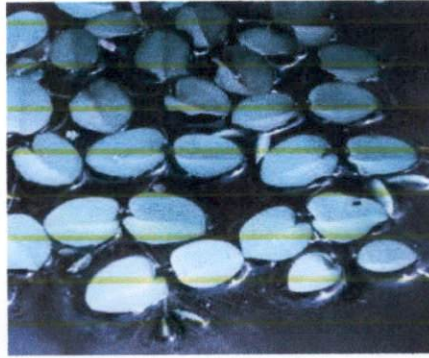
Orde : Salviniiales

Famili : Salviniaceae

Genus : *Salvinia*

Spesies : *Salvinia molesta*

Kiambang (dari *ki*: pohon, tumbuhan, dan *ambang*: mengapung) merupakan nama umum bagi paku air dari genus *Salvinia*. Tumbuhan ini biasa ditemukan mengapung di air menggenang, seperti kolam, sawah dan danau, atau di sungai yang mengalir tenang, seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tanaman Kiambang

Kiambang memiliki dua tipe daun yang sangat berbeda. Daun yang tumbuh di permukaan air berbentuk cuping agak melingkar, berklorofil sehingga berwarna hijau, dan permukaannya ditutupi rambut berwarna putih agak transparan. Rambut-rambut ini mencegah daun menjadi basah dan juga membantu kiambang mengapung. Daun tipe kedua tumbuh di dalam air berbentuk sangat mirip akar, tidak berklorofil dan berfungsi menangkap hara dari air seperti akar. Kiambang tidak menghasilkan bunga karena masuk golongan paku-pakuan.

Paku air ini tidak memiliki nilai ekonomi tinggi, kecuali sebagai sumber humus (karena tumbuhnya pesat dan orang mengumpulkannya untuk dijadikan pupuk), kadang-kadang dipakai sebagai bagian dari dekorasi dalam ruang, atau sebagai tanaman hias di kolam atau akuarium. Karena dapat tumbuh sangat rapat hingga menutupi permukaan sungai atau danau.

Kiambang memiliki struktur tumbuh yang unik, beradaptasi dengan keadaan basah. Tumbuhan air ini memiliki keunikan dalam mengolah limbah organik. Kemampuannya dalam mengolah limbah organik tidak diragukan lagi. Tumbuhan berstolon ini menyerap makanan organiknya dengan cara penyerapan melalui akar yang mirip rambut.

Kiambang biasanya mengapung di permukaan air dan selalu mengikuti arah arus air. Oleh karena itu, jika berada di daerah yang airnya dapat turun hingga kering tumbuhan ini akan mati. Sedangkan pada tumbuhan air yang lain seperti Eceng Gondok, apabila daerah yang ditempati menjadi kering maka akar yang biasa mengapung akan menembus tanah dan mencari cadangan air. Kiambang memiliki struktur yang berbeda dengan Eceng Gondok. Tetapi

memiliki perilaku perkembangbiakan yang sama yaitu menggunakan stolon (tumbuh pada setiap sisi daun).

Tanaman kiambang merupakan tanaman air yang banyak ditemukan di Indonesia terutama di daerah rawa-rawa atau persawahan. Tanaman air ini sering dikenal sebagai gulma karena mengganggu komunitas perairan. Kiambang berkembangbiak cepat dengan jalan memutuskan batangnya, Karena perkembangbiakannya yang cepat maka tanaman ini dapat menutupi permukaan air secara cepat sehingga mengakibatkan berkurangnya penetrasi cahaya serta pengurangan oksigen dalam air tersebut. Kiambang juga mempunyai kemampuan hidup yang luar biasa karena dapat tumbuh hidup baik pada media air manapun walaupun media tersebut memiliki sedikit nutrient untuk pertumbuhannya. Keistimewaan ini menyebabkan kiambang dijadikan sebagai filter biologis yang dapat menyerap logam berat.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Juni sampai Juli 2011, di Jalan Sungai Deli A3, Lapai Padang. Analisis kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dilakukan pada Laboratorium Air, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang.

3.2 Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ember plastik, kayu untuk pengaduk dan alat tulis sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah Logam berat timbal (Pb), logam berat tembaga (Cu) dan aquades. Sedangkan fitoremediasi yang digunakan adalah tanaman kiambang (*Salvinia molesta*)

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menurunkan konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) dengan menggunakan tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*). Pengukuran kadar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) dilakukan setiap 24 jam dengan tujuan untuk mengukur berapa lama waktu yang dibutuhkan kiambang untuk menurunkan konsentrasi Pb dan Cu hingga berada di bawah baku mutu air untuk pertanian. Dengan tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Pengambilan Tanaman Kiambang

Tanaman kiambang diperoleh di Surau kandang Kelurahan Piai Tengah Kecamatan Pauh Padang. Teknik pengambilan tanaman kiambang dilakukan dengan menggenggam batang tanaman dan menariknya ke atas secara perlahan-lahan hingga tercabut sampai keakar-akarnya. Tanaman Kiambang yang dipilih pada penelitian ini adalah tanaman Kiambang yang mempunyai panjang akar rata-rata 10 cm dan ukuran daun yang sama serta berat yang sama dengan cara ditimbang.

2. Perlakuan Penelitian

Langkah awal dari penelitian ini yaitu tanaman kiambang yang telah didapatkan Lalu di pindahkan ke dalam ember plastik yang telah disediakan

beserta air yang berasal dari tempat hidup kiambang tersebut dengan tinggi air pada ember 20 cm, pastikan tanaman yang dipindahkan ke dalam ember dalam keadaan hidup serta tanaman telah memenuhi permukaan ember. Kemudian dilakukan pengujian sampel air di laboratorium untuk mendapatkan data karakteristik kimia air. Berdasarkan data dari laboratorium tersebut, maka didapatkan data awal karakteristik kimia air untuk tiap ember. Tahapan selanjutnya dilakukan penambahan logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada dua kondisi konsentrasi yang berbeda berdasarkan data awal yang diperoleh untuk masing-masing ember, yaitu 150% dan 200% dari standar baku mutu air kelas IV dengan tiga kali ulangan. Dua kondisi konsentrasi yang berbeda ini bertujuan untuk mengukur berapa waktu yang dibutuhkan kiambang untuk menurunkan tiap perlakuan konsentrasi logam berat Pb dan Cu tersebut.

Standar baku mutu air kelas IV untuk timbal (Pb) adalah 1 mg/l. Untuk 150% konsentrasi timbal (Pb) menjadi 1,5 mg/l dan 200% konsentrasi timbal menjadi 2 mg/l.

Standar baku mutu air kelas IV untuk tembaga (Cu) adalah 0,2 mg/l. Untuk 150% konsentrasi tembaga (Cu) menjadi 0,3 mg/l dan 200% konsentrasi timbal menjadi 0,4 mg/l.



Gambar 3. Perlakuan Penelitian

Tanaman kiambang merupakan jenis tanaman yang daya serap airnya cukup tinggi serta terjadinya evaporasi sehingga tinggi air pada ember akan berkurang, akibatnya konsentrasi timbal (Pb) dan tembaga (Cu) akan menjadi pekat maka diperlukan penambahan aquades hingga mencapai tinggi air pada keadaan semula.

3. Penentuan Penurunan Kadar Konsentrasi Logam Berat

Untuk mengetahui penurunan kadar konsentrasi logam berat dilakukan analisa sampel air di laboratorium dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spekhtropometer* (AAS). Hasil analisa dibandingkan dengan standar baku mutu air untuk pertanian.

4. Pengamatan

Pengamatan pada penelitian pendahuluan terhadap masing-masing perlakuan dilakukan setiap 24 jam untuk mengetahui kecenderungan penurunan konsentrasi logam Pb dan logam Cu, kemudian dilanjutkan dengan penelitian lanjutan juga dilakukan setiap 24 jam dengan tahapan yang sama. Pengamatan selesai jika penurunan konsentrasi logam berat telah berada pada baku air untuk pertanian.

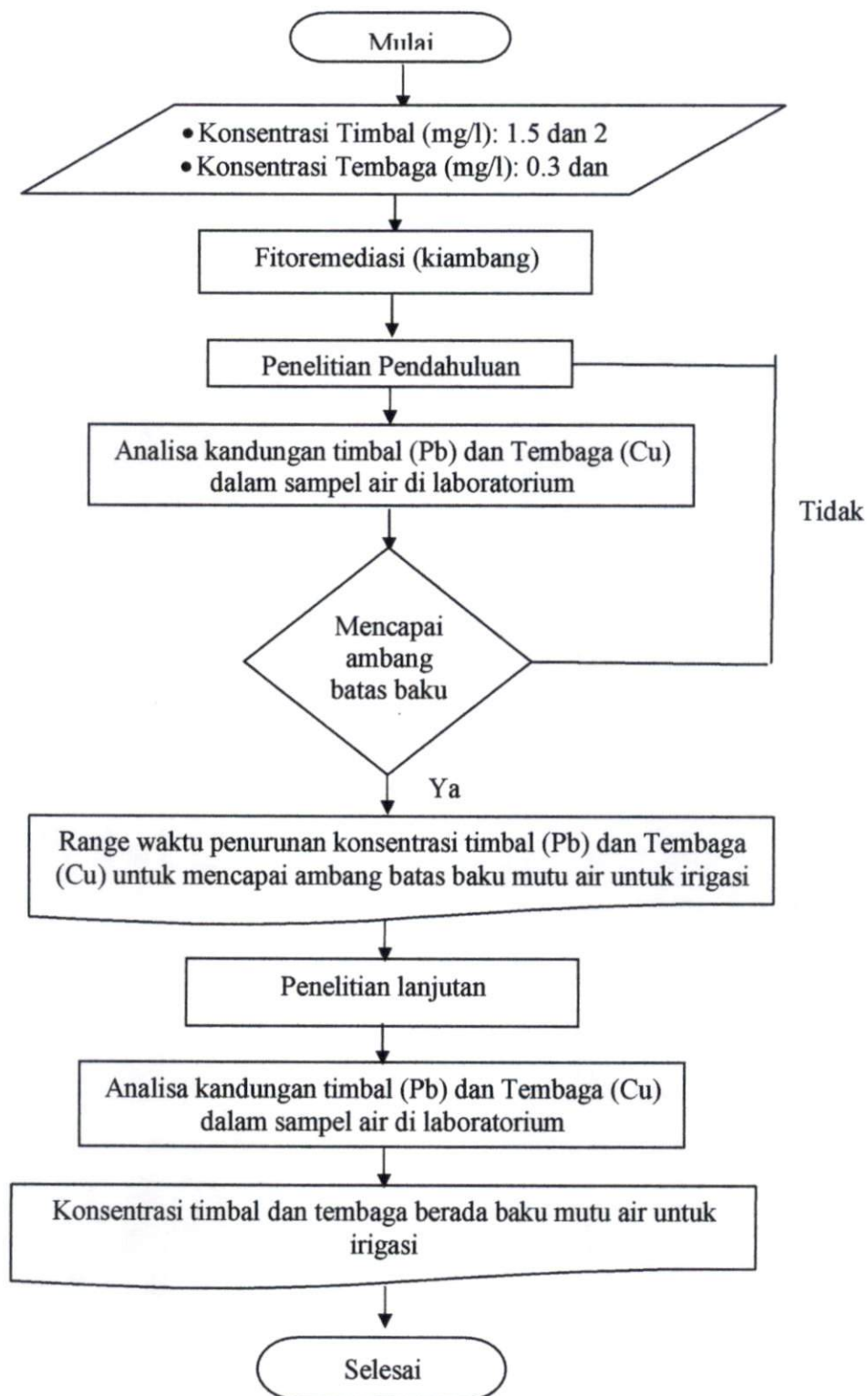
3.4 Analisis Data

Data yang diperoleh akibat penurunan pencemaran air oleh adanya tanaman kiambang (*Salvinia Molesta*) akan dibandingkan dengan ambang batas kualitas perairan untuk pertanian.

3.5 Output

Output dari penelitian ini berupa :

1. Kemampuan tanaman kiambang untuk penurunan konsentrasi logam berat
2. Perbaikan kualitas air dengan memanfaatkan kiambang sebagai fitoremediasi.
3. Tercapainya baku mutu dan efektifitas dalam penyerapan kiambang.



Gambar 4. Flow Chart Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penelitian Pendahuluan

Tahap awal dalam penelitian ini adalah mengukur kandungan logam berat Pb dan Cu masing-masing perlakuan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Andalas untuk memperoleh data awal karakteristik air di dalam setiap perlakuan tersebut, alat yang digunakan yaitu AAS (*Atomic Absorption Spekhtrapometer*). Setelah dilakukan analisis laboratorium terhadap sampel air yang digunakan sebagai media tanam kiambang didapatkan kandungan timbal (Pb) sebesar 0,013 mg/L dan tembaga (Cu) sebesar 0,006 mg/L.

Dari hasil data awal menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat timbal (Pb) dan tembaga (Cu) sebelum perlakuan penambahan konsentrasi adalah sangat kecil dan jauh dibawah baku mutu kualitas air pertanian. Maka air dalam masing-masing perlakuan dilakukan penambahan larutan untuk timbal (Pb) dan tembaga (Cu) yang sesuai dengan kenaikan 150% dan 200% dari baku mutu airnya dengan volume air 11,5 liter. Perhitungan untuk pembuatan larutan dapat dilihat pada Lampiran 2.

Tanaman Kiambang yang diseleksi pada penelitian ini adalah tanaman Kiambang yang mempunyai panjang akar rata-rata 10 cm dan ukuran daun yang sama serta beratnya 242 g

Untuk mengetahui kecenderungan penurunan konsentrasi logam Pb dan logam Cu pada tanaman kiambang, maka dilakukan penelitian pendahuluan. Penelitian pendahuluan di analisis setiap 24 jam untuk melihat tingkat penurunan dari konsentrasi logam berat Pb dan logam berat Cu oleh kiambang.

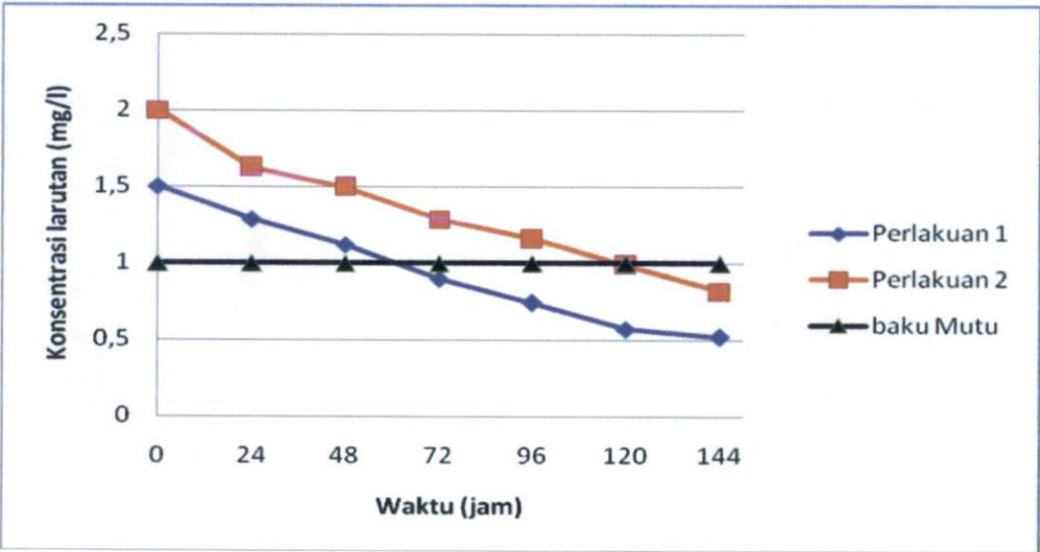
4.1.1 Logam Berat Timbal (Pb)

Setelah dilakukan penelitian pendahuluan maka dapat dilihat penurunan konsentrasi logam Pb oleh kiambang, seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Penurunan Konsentrasi Pb

Perlakuan	Konsentrasi awal /0 jam (mg/L)	Penurunan konsentras Logam Pb (mg/l)					
		24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	120 jam	144 jam
1	1.5	1.286	1.117	0.896	0.740	0.571	0.519
2	2.0	1.623	1.494	1.286	1.156	0.987	0.818

Dari Tabel 2 terlihat bahwa penurunan konsentrasi logam berat Pb pada jam ke 72 setelah dilakukan perlakuan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kiambang (*salvinia molesta*) maka larutan Pb telah berada dibawah ambang batas (baku mutu) air untuk pertanian (1 mg/L). Sementara pada konsentrasi awal 2.0 mg/L berada dibawah ambang batas (baku mutu) air untuk pertanian (1 mg/L) pada jam ke 120. Hal ini, secara hasil dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Pb

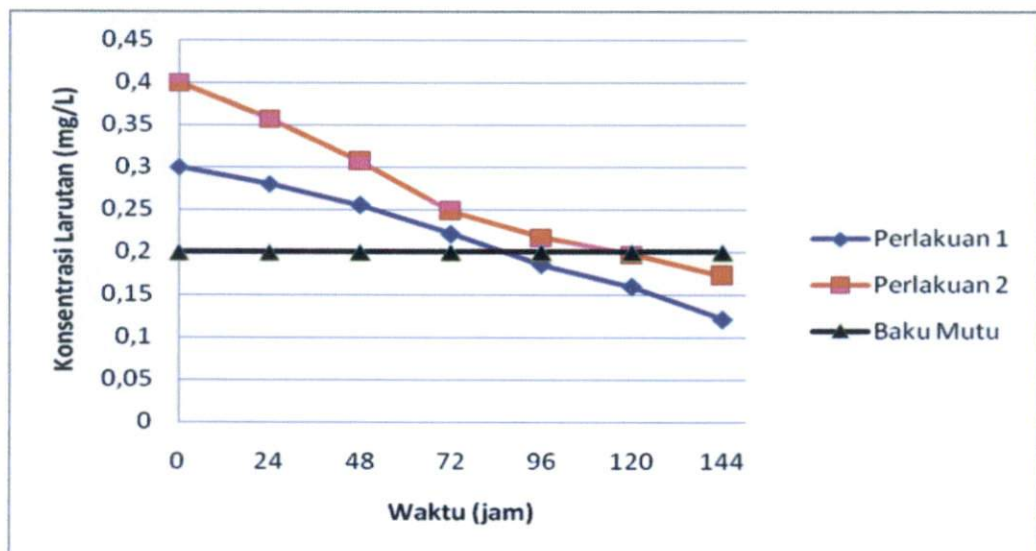
4.1.2 Logam Berat Tembaga (Cu)

Setelah dilakukan penelitian pendahuluan maka didapat penurunan konsentrasi logam Cu oleh kiambang, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penurunan Konsentrasi Cu

Perlakuan	Konsentrasi awal /0 jam (mg/L)	Penurunan konsentras Logam Cu (mg/l)					
		24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	120 jam	144 jam
1	0.3	0.280	0.255	0.221	0.185	0.159	0.121
2	0.4	0.357	0.306	0.248	0.217	0.197	0.172

Dari Tabel 3 terlihat bahwa penurunan konsentrasi logam berat Cu pada jam ke 96 setelah dilakukan perlakuan fitoremediasi dengan menggunakan tanaman kiambang (*salvinia molesta*) maka larutan Cu telah berada dibawah ambang batas (baku mutu) air untuk pertanian (0,2 mg/L). Sementara pada konsentrasi awal 0.4 mg/L berada dibawah ambang batas (baku mutu) untuk air pertanian (0,2 mg/L) pada jam ke 120. Hal ini, secara hasil dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Cu

4.2 Penelitian Lanjutan

Berdasarkan dari data penelitian pendahuluan, penurunan logam berat pada kiambang terjadi secara signifikan. Hal ini terlihat pada jam 144 konsentrasi penurunan larutan Pb dan Cu telah berada dibawah ambang batas baku mutu untuk pertanian, oleh karena itu metode penelitian pengamatan analisis

penyerapan logam berat dilakukan kembali dengan hitungan juga 24 jam untuk mengetahui penurunan kandungan konsentrasi logam Pb dan logam Cu oleh kiambang

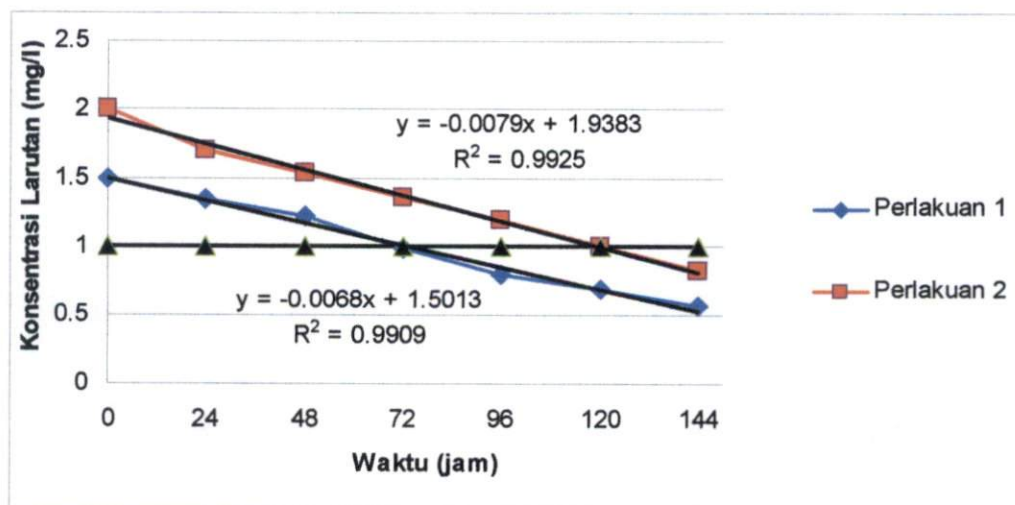
4.2.1 Logam Berat Pb

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang dilakukan terhadap penurunan konsentrasi Pb dapat dilihat pada tabel 4 dan Gambar 7.

Tabel 4. Penurunan Konsentrasi Pb

Perlakuan	Konsentrasi awal /0 jam (mg/L)	Penurunan konsentras Logam Pb (mg/l)					
		24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	120 jam	144 jam
1	1.5	1.342	1.217	0.991	0.791	0.684	0.558
2	2.0	1.697	1.536	1.360	1.191	0.996	0.818

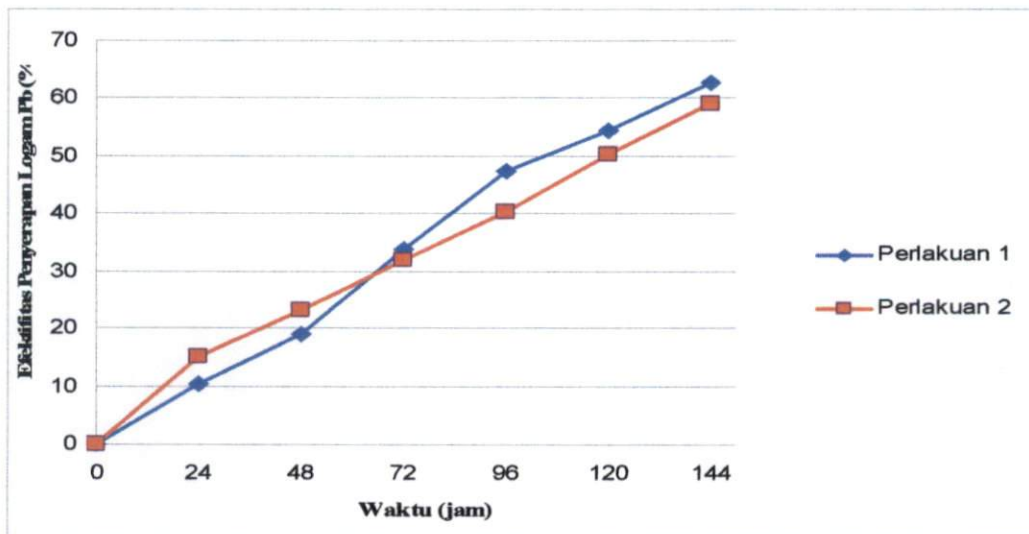
Dari Tabel 4 terlihat penurunan konsentrasi logam berat Pb pada konsentrasi awal 1.5 mg/L tanaman kiambang membutuhkan waktu 72 jam untuk berada dibawah baku mutu air untuk pertanian dan konsentrasi awal 2.0 mg/L tanaman kiambang membutuhkan waktu 120 jam untuk berada dibawah baku mutu air untuk pertanian. Pada konsentrasi awal 1.5 mg/L hingga jam ke 144, konsentrasi Pb turun sebanyak 0.942 mg/L dari 1.5 mg/L menjadi 0.558 mg/L (62.80 %). Pada konsentrasi awal 2.0 mg/L, sampai jam ke 144 konsentrasi Pb turun sebesar 1.182 mg/L yaitu dari 2.0 mg/L menjadi 0.818 mg/L (59.10 %). Pada Tabel 4 dapat terlihat dalam waktu 144 jam tanaman kiambang mampu menurunkan konsentrasi logam Pb dengan kenaikan 150% dan 200% dari baku mutu air untuk pertanian menjadi berada dibawah baku mutu air untuk pertanian dengan besar nilai konsentrasi logam Pb yang tersisa juga berbeda-beda. Hal ini sesuai dengan Layla (2008) yang menyatakan bahwa intensitas cahaya matahari dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman kiambang. Apabila cahaya matahari terhalang, pertumbuhan dan penyerapan air oleh kiambang jadi terhambat.



Gambar 7. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Pb

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh tanaman kiambang untuk menurunkan konsentrasi Timbal (Pb) hingga berada pada baku mutu air untuk pertanian. Pada perlakuan 1 atau kenaikan konsentrasi 150 % dari baku mutu air untuk pertanian yaitu pada jam ke 71.04 kandungan konsentrasi logam Pb telah berada dibawah baku mutu air untuk pertanian dan untuk perlakuan 2 tanaman kiambang membutuhkan waktu 119.52 jam untuk berada dibawah baku mutu air untuk pertanian. Hal ini membuktikan bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi Pb, maka waktu yang dibutuhkan tanaman kiambang untuk menurunkan konsentrasi logam Pb sampai berada dibawah baku mutu air untuk pertanian juga semakin lama.

Dari data hasil penurunan konsentrasi Pb yang diperoleh, dapat dilihat persentase penurunan konsentrasi logam Pb oleh tanaman kiambang dengan kenaikan konsentrasi 150 % dan 200 % dari baku mutu air untuk pertanian (Gambar 8).



Gambar 8. Grafik Persentase Penurunan Logam Pb

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat persentase penurunan dari setiap konsentrasi sampai dengan jam ke 144, mulai dari konsentrasi 150% tanaman kiambang mampu menurunkan konsentrasi logam Pb hingga 62.80 % dan kenaikan 200 % dari baku mutu air untuk pertanian didapat persentase penurunan tanaman kiambang terhadap logam Pb sebesar 59.10 %. Dari Gambar 8 menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar logam timbal (Pb) dengan konsentrasi tinggi mengalami penurunan. Kondisi ini menunjukkan kadar timbal yang tinggi dalam perairan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang secara tidak langsung juga mempengaruhi daya serap tanaman, sehingga proses penyerapan logam timbal dengan konsentrasi tinggi akan menjadi lambat. Hal ini diperkuat oleh pendapat Lahuddin (2007) yang menyatakan bahwa kelebihan kadar timbal (Pb) media yang melewati ambang batas akan menjadi pemicu terjadinya keracunan khususnya pada tanaman.

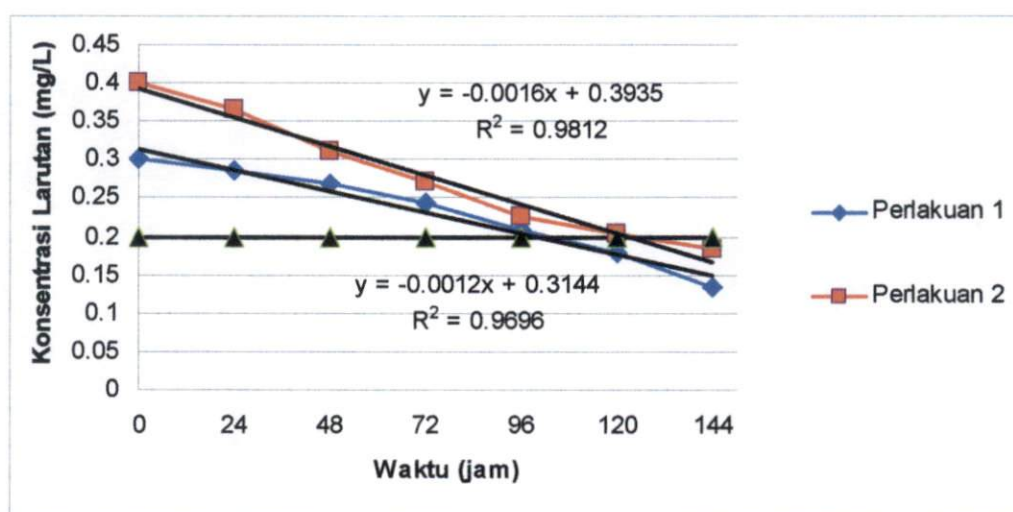
4.2.2 Logam Berat Cu

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang dilakukan terhadap penurunan konsentrasi Cu dapat dilihat pada tabel 5 dan Gambar 9.

Tabel 5. Penurunan Konsentrasi Cu

Perlakuan	Konsentrasi awal (0 jam)	Penurunan konsentras Logam Cu (mg/l)					
		24 jam	48 jam	72 jam	96 jam	120 jam	144 jam
1	0.3	0.287	0.268	0.244	0.208	0.178	0.134
2	0.4	0.365	0.312	0.270	0.227	0.204	0.183

Dari Tabel 5 terlihat penurunan konsentrasi Cu pada konsentrasi awal 0.3 mg/L tanaman kiambang membutuhkan waktu 120 jam untuk berada dibawah baku mutu air untuk pertanian dan konsentrasi awal 0.4 mg/L tanaman kiambang membutuhkan waktu 144 jam untuk berada dibawah baku mutu air untuk pertanian. Pada konsentrasi awal 0.3 mg/L hingga jam ke 144, konsentrasi Cu turun sebanyak 0.166 mg/L dari 0.3 mg/L menjadi 0.134 mg/L (55.33 %). Pada konsentrasi awal 0.4 mg/L, sampai jam ke 144 konsentrasi Cu turun sebesar 0.217 mg/L yaitu dari 0.4 mg/L menjadi 0.183 mg/L (54.25 %). Pada Tabel 5 dapat terlihat dalam waktu 144 jam tanaman kiambang mampu menurunkan konsentrasi logam Cu dengan kenaikan 150% dan 200% dari baku mutu air untuk pertanian menjadi berada dibawah baku mutu air untuk pertanian dengan besar nilai konsentrasi logam Cu yang tersisa juga berbeda-beda.

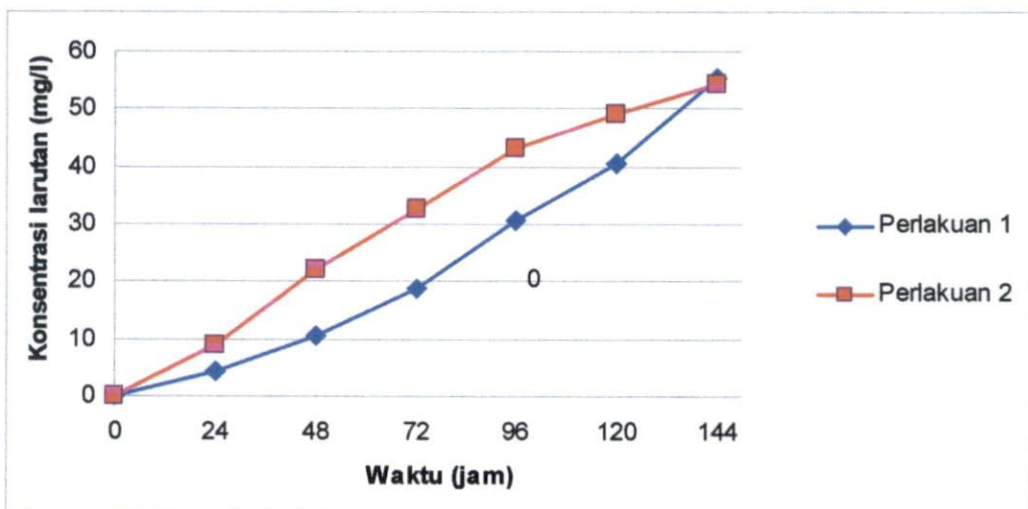


Gambar 9. Grafik Hasil Penurunan Konsentrasi Cu

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh tanaman kiambang untuk menurunkan konsentrasi Tembaga (Cu)

hingga berada pada baku mutu air untuk pertanian. Pada perlakuan 1 atau kenaikan konsentrasi 150 % dari baku mutu air untuk pertanian yaitu pada jam ke 102.48 kandungan konsentrasi logam Cu telah berada dibawah baku mutu air untuk pertanian dan untuk perlakuan 2 tanaman kiambang membutuhkan waktu 124.56 jam untuk berada dibawah baku mutu air untuk pertanian. Hal ini disebabkan oleh logam berat Tembaga (Cu) merupakan logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Sedangkan logam berat Timbal (Pb) merupakan jenis logam berat tidak esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun (Darmono, 1995). Oleh karena itu, pada tingkat sel tanaman juga selektif untuk memilih penyerapan unsur-unsur yang dibutuhkan dalam berbagai proses metabolisme pertumbuhan dan perkembangan sel (Lakitan, 1993). Hal ini yang menyebabkan tanaman kiambang lebih banyak menyerap Timbal (Pb) dibandingkan dengan Tembaga (Cu).

Dari data hasil penurunan konsentrasi Cu yang diperoleh, dapat dilihat persentase penurunan konsentrasi logam Cu oleh tanaman kiambang dengan kenaikan konsentrasi 150 % dan 200 % dari baku mutu air untuk pertanian (Gambar 10).



Gambar 10. Grafik Persentase Penurunan Logam Cu

Berdasarkan Gambar 10 dapat dilihat persentase penurunan dari setiap konsentrasi sampai dengan jam ke 144, mulai dari konsentrasi 150% tanaman

kiambang mampu menurunkan konsentrasi logam Cu hingga 55.33 % dan kenaikan 200 % dari baku mutu air untuk pertanian didapat persentase penurunan tanaman kiambang terhadap logam Cu sebesar 54.25 %. Hal ini erat kaitannya dengan sifat fisik kimia logam Cu yang mampu membentuk senyawa dengan bermacam-macam logam dan didalam air akan mengikat agregat-agregat sehingga menjadi partikel yang berukuran relatif lebih besar dan berat sehingga dapat mengendap dengan sendirinya (Palar, 1994). Dari Gambar 10 menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar logam tembaga (Cu) dengan konsentrasi tinggi mengalami penurunan. Kondisi ini menunjukkan kadar tembaga (Cu) yang tinggi dalam perairan mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang secara tidak langsung juga mempengaruhi daya serap tanaman, sehingga proses penyerapan logam tembaga (Cu) dengan konsentrasi tinggi akan menjadi lambat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Kemampuan tanaman kiambang dalam menyerap logam berat Pb pada konsentrasi awal 1,5 mg/L dan 2,0 mg/L tanaman kiambang membutuhkan waktu 72 jam dan 120 jam untuk berada dibawah baku mutu air untuk pertanian.
2. Kemampuan tanaman kiambang dalam menyerap logam berat Cu pada konsentrasi awal 0,3 mg/L dan 0,4 mg/L tanaman kiambang membutuhkan waktu 120 jam dan 144 jam untuk berada dibawah baku mutu air untuk pertanian.
3. Persentase penurunan logam Pb oleh tanaman kiambang dengan konsentrasi awal 1,5 mg/L dan 2,0 mg/L setelah 144 jam lebih dari 50 %, dan persentase penurunan logam Cu oleh tanaman kiambang dengan konsentrasi awal 0,2 mg/L dan 0,4 mg/L setelah 144 jam juga lebih dari 50 %.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan penelitian terhadap tumbuhan air lainnya yang dapat digunakan sebagai penyerap bahan-bahan pencemar logam berat.
2. Melakukan penelitian terhadap daya serap kiambang pada logam berat lainnya (selain logam Pb dan logam Cu).
3. Melihat kedalaman efektif penyerapan optimal dari tanaman kiambang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1990. *Heavy Metal in Soils*. Jhon Willey and Sons Inc. New York.
- Arisandi. P. 2001. *Mangrove Jenis Api-api (Avicennia marina) Alternatif Pengendalian Pencemaran Logam Berat Pesisir, Lembaga Kajian Ekologi dan Konservasi Lahan Basah*. <http://blog.unsri.ac.id/userfiles/jurnal%20syai%20eddy.DOC>. [10 Februari 2011]
- Arsyad B, Sofyan, Samad. B, Azharny. 1980. *Ilmu Iklim dan Pengairan*. Yasaguna: Jakarta.
- Connel, Des. W dan Gregory J. Miller. 1995. *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran*. : UI Press. Jakarta.
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI-Press. Jakarta.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup Dan Pencemaran, Hubungan Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. UI-Press. Jakarta.
- Harahap S. 1991. *Tingkat Pencemaran Air Kali Cakung ditinjau dari Sifat Fisika-Kimia Khususnya Logam Berat dan Keanekaragaman Jenis Hewan Benthos Makro*. [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hidayat, Benny. 2010. *Screening Tumbuhan Air Hiperakumulator*. [Disertasi]. Departemen Kehutanan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Herman D.Z. 2006. *Tinjauan terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Biji Logam*, Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 1, No. 1, [8 Februari 2011].
- Hutagalung HP. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat. Dalam Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. P30-LIPI. Jakarta.
- Lakitan, B. 1993. *Dasar-dasar Fisiologi tumbuhan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Layla, R. 2008. *Penggunaan Tanaman Kiambang (Salvinia molesta) Sebagai Pengolahan Pendahuluan Untuk Air Permukaan Dengan Parameter Warna dan TDS*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. *Fitoteknologi dan Ekotoksikologi dalam Desain Operasi Pengomposan Sampah*, Seminar Nasional Teknologi Lingkungan III ITS, (<http://www.its.ac.id/sarwoko-enviro-Seminar%20sampah%20TL.pdf>). [21 Februari 2011].

- Mengel, K & E.A Kirby. 1987. *Principle of Plant Nutrition 4 th edition*. International Rutash institute, bern 687 h.
- Najiyati, S dan Danarti. 1992. *Petunjuk Mengairi dan Menyiram Tanaman*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Palar, H, 1994, "*Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*", Rineka Cipta Jakarta.
- Priyanto, B. & Prayitno, J. 2006. *Fitoremediasi sebagai Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam berat*. (<http://lrl.bppt.tripod.com/sublab/lflora1.html>, [21 Februari2011]).
- Rini. 2004. http://digilib.its.ac.id/public/ITS-under_graduate-12521-bab1.pdf. [12 Februari 2011]
- Saeni. 1997. *Penentuan Tingkat pencemaran Logam Berat Dengan Analisis Rambut*. Orasi Ilmiah. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB. Bogor.
- Santi, D.N. 2001. *Pencemaran Udara oleh Timbal (Pb) serta Penanggulangannya*, USU Digital Library. Sumut
- Sarief, Saifuddin. 1985. *Konservasi Tanah dan Air*. Pustaka Buana: Bandung.
- Smith, B., 1988, *A Workbook for Pollution Prevention by Source Reduction in Textile Wet Processing*, Pollution Prevention Pays Program of the North Carolina Division of Environmental Management.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1993. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Pradnya Paramitha. Jakarta.
- Srivastaw. 1994. http://digilib.its.ac.id/public/ITS-under_graduate-9696-1499100009-chapter1.pdf. [21 Februari 2011]
- Sudarmaji, Mukono, J. & Corie I.P. 2006. *Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan*, Jurnal Kesehatan Lingkungan. Vol. 2, No. 2. 21 Februari 2011]
- Tim Survey Faperta USU.1977. *Laporan Survey dan Pemetaan Tanah Daerah Kareman. Sub DAS Riau*. Medan.

Lampiran 1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperature dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	1000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum seacara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/L
KIMIA ORGANIK						
pH		6-9	6-9	6-9	5-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	mg/L	0.2	0.2	1	5	
NO ₃ sbg N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,01	

Lampiran 1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas (Lanjutan)

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
Tembaga	mg/l	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Cu \leq 1$ mg/L
Besi	mg/l	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Fe \leq 5$ mg/L
Timbal	mg/l	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Pb \leq 0,1$ mg/L
Mangan	mg/l	1	(-)	(-)	(-)	Mangan
Air Raksa	mg/l	0,001	0,002	0,002	0,005	Air Raksa
Seng	mg/l	0,05	0,05	0,05	2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $Zn \leq 5$ mg/L
Khlorida	mg/l	1	(-)	(-)	(-)	
Sianida	mg/l	0,02	0,02	0,02	(-)	
Fluorida	mg/l	0,5	1,5	1,5	(-)	
Nitrit sebagai N	mg/l	0,06	0,06	0,06	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, $NO_2-N \leq 1$ mg/L
Sulfat	mg/l	400	(-)	(-)	(-)	
Khlorin bebas	mg/l	0,03	0,03	0,03	(-)	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan
Belarang sebagai H_2S	mg/l	0,002	0,002	0,002	(-)	

Lampiran 1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas (Lanjutan)

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
MIKROBIOLOGI						
Fecal coliform	jml/100 ml	100	1000	2000	2000	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100ml
Total coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000	
RADIOAKTIVITAS						
Gross - A	bg/l	0,1	0,1	0,1	0,1	
Gross - B	bg/l	1	1	1	1	
KIMIA ORGANIK						
Minyak dan Lemak	ug/l	1000	1000	1000	(-)	
Detergen sebagai MBAS	ug/l	200	200	200	(-)	
Senyawa Fenol	ug/l	1	1	1	(-)	
Sebagai Fenol	ug/l					
BHC	ug/l	210	210	210	(-)	
Aldrin/Dieldrin	ug/l	17	(-)	(-)	(-)	
Chlordane	ug/l	3	(-)	(-)	(-)	
DDT	ug/l	2	2	2	2	
Heptachlor dan Heptachlor epoxide	ug/l	18	(-)	(-)	(-)	
	ug/l					
Lindane	ug/l	56	(-)	(-)	(-)	
Methoxyctor	ug/l	35	(-)	(-)	(-)	
Endrin	ug/l	1	4	4	(-)	
Toxaphan	ug/l	5	(-)	(-)	(-)	

Sumber :Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001
Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air.

Lampiran 1. Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas (Lanjutan)

Keterangan :

- Kelas I : air yang digunakan untuk air baku air minum dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- Kelas II : air yang digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, budidaya ikan air tawar, mengairi pertanian dan peternakan
- Kelas III : air yang digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, mengairi pertanian dan peternakan
- Kelas IV : air yang dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

1. mg = miligram
2. ug = mikrogram
3. ml = militer
4. l = liter
5. Bq = Bequerel
6. MBAS = Methylene Blue Active Substance
7. ABAM = Air Baku untuk Air Minum
8. Logam berat merupakan logam terlarut
9. Nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO.
10. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum.
11. Nilai DO merupakan batas minimum.
12. Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan
13. Tanda \leq adalah lebih kecil atau sama dengan
14. Tanda $<$ adalah lebih kecil

Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Larutan

$$\text{Rumus Pengenceran} = V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan : V_1 = Volume ember mula-mula (L)
 V_2 = Volume ember setelah diencerkan (ml)
 N_1 = Konsentrasi larutan mula-mula (mg/l)
 N_2 = Konsentrasi larutan setelah diencerkan (mg/l)

$$\text{Volume Ember (V1)} = \left(\frac{A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}}{3} \right) \times t$$

Keterangan : A_1 = Luas Alas Atas (cm^2)
 A_2 = Luas Alas Bawah (cm^2)
 t = Tinggi Air (cm)

Perhitungan :

Diketahui : Diameter ember atas = 30 cm, diameter ember bawah = 24 cm,
tinggi air = 20 cm.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} A_1 &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times 15^2 \\ &= 706,5 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times 12^2 \\ &= 452,16 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$V_1 = \left(\frac{706,5 \text{ cm}^2 + 452,16 \text{ cm}^2 + \sqrt{706,5 \text{ cm}^2 \times 452,16 \text{ cm}^2}}{3} \right) \times 20 \text{ cm}$$

$$= 574,72 \text{ cm}^2 \times 20 \text{ cm}$$

$$= 11.494,4 \text{ cm}^3$$

$$= 11,5 \text{ L}$$

Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Larutan (Lanjutan)

Volume larutan yang akan diencerkan sebagai berikut :

1. Logam Pb

Kenaikan konsentrasi larutan (**N1**) 150 % dan 200 % dari baku mutu untuk 2 ember berturut-turut yaitu 1,5 dan 2.

$$\begin{aligned}\text{Ember 1} &= 11,5 \text{ L} \times 1,5 \text{ mg/L} = \mathbf{V2} \times 1000 \text{ mg/L} \\ \mathbf{V2} &= 0,01725 \text{ L} \\ &= 17,25 \text{ mL}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ember 2} &= 11,5 \text{ L} \times 2 \text{ mg/L} = \mathbf{V2} \times 1000 \text{ mg/L} \\ \mathbf{V2} &= 0,023 \text{ L} \\ &= 23 \text{ mL}\end{aligned}$$

2. Logam Cu

Kenaikan konsentrasi larutan (**N1**) 150 % dan 200 % dari baku mutu untuk 2 ember berturut-turut yaitu 0,3 dan 0,4.

$$\begin{aligned}\text{Ember 1} &= 11,5 \text{ L} \times 0,3 \text{ mg/L} = \mathbf{V2} \times 1000 \text{ mg/L} \\ \mathbf{V2} &= 3,45 \text{ L} \\ &= 0,00345 \text{ mL}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ember 2} &= 11,5 \text{ L} \times 0,4 \text{ mg/L} = \mathbf{V2} \times 1000 \text{ mg/L} \\ \mathbf{V2} &= 4,6 \text{ L} \\ &= 0,0046 \text{ mL}\end{aligned}$$

Lampiran 3. Perhitungan Persamaan Regresi Antara Absorban dan Larutan Standar

1. Larutan Pb

Diketahui :

Larutan standar (mg/L)	Absorban
0,0	0,000
0,5	0,042
1,0	0,080
1,5	0,115
2,0	0,158
2,5	0,195

Menghitung persamaan regresinya sebagai berikut :

	X	Y	XY	X ²	Y ²
	0.0	0,000	0,000	0,00	0,000000
	0.5	0,042	0,021	0,25	0,001764
	1.0	0,080	0,080	1	0,0064
	1.5	0,115	0,1725	2.25	0,013225
	2.0	0,158	0,316	4	0,024964
	2.5	0,195	0,4875	6.25	0,038025
Σ	7.5	0,59	1,077	13.75	0,084378
Rata-rata	1,25	0,098			

$$\begin{aligned}
 r^2 &= \frac{\left[XY - \frac{(X)(Y)}{n} \right]^2}{\left[X^2 - \frac{(X)^2}{n} \right] \left[Y^2 - \frac{(Y)^2}{n} \right]} \\
 &= \frac{\left[1,077 - \frac{(7,5)(0,59)}{6} \right]^2}{\left[13,75 - \frac{(7,5)^2}{6} \right] \left[0,084378 - \frac{(0,59)^2}{6} \right]} \\
 &= \frac{(1,077 - 0,7375)^2}{(13,75 - 9,375)(0,084378 - 0,058)}
 \end{aligned}$$

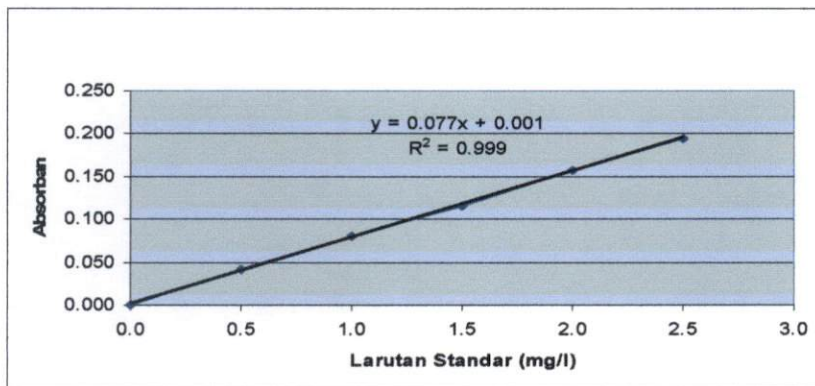
Lampiran 3. Perhitungan Persamaan Regresi Antara Absorban dan Larutan Standar (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,1153}{0,1154} \\
 &= 0,999 \\
 \text{b} \quad &= \frac{xy - \frac{(X)(y)}{n}}{x^2 - \frac{(X)^2}{n}} \\
 &= \frac{1,077 - \frac{(7,5)(0,59)}{6}}{13,75 - \frac{(7,5)^2}{6}} \\
 &= \frac{0,3395}{4,375} \\
 &= 0,077
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan persamaan regresinya :

$$\begin{aligned}
 Y &= Y + B (x - X) \\
 &= 0,098 + 0,077 (x - 1,25) \\
 &= 0,098 + 0,077 x - 0,0963 \\
 &= 0,077 x - 0,001
 \end{aligned}$$

Maka persamaan garisnya yaitu $Y = 0,077 x - 0,001$



Berdasarkan perhitungan melalui persamaan regresi diatas maka dapat ditentukan nilai dari masing-masing logam pada sampel yang akan diuji.

Lampiran 3. Perhitungan Persamaan Regresi Antara Absorban dan Larutan Standar (Lanjutan)

2. Larutan Cu

Diketahui :

Larutan Standar (mg/L)	Absorban
0,0	0.000
0,1	0.020
0,2	0.035
0,3	0.050
0,5	0.079
1,0	0.160

Menghitung persamaan regresinya sebagai berikut :

	X	Y	XY	X ²	Y ²
	0,0	0,000	0,000	0,00	0,000
	0,1	0,020	0,002	0,01	0,0004
	0,2	0,035	0,007	0,04	0,001225
	0,3	0,050	0,015	0,09	0,0025
	0,5	0,079	0,0395	0,25	0,006241
	1,0	0,160	0,160	1,00	0,0256
Σ	2,1	0,344	0,2235	1,39	0,035966
Rata-rata	0,35	0,0573			

$$\begin{aligned}
 r^2 &= \frac{\left[XY - \frac{(X)(Y)}{n}\right]^2}{\left[X^2 - \frac{(X)^2}{n}\right]\left[Y^2 - \frac{(Y)^2}{n}\right]} \\
 &= \frac{\left[0,2235 - \frac{(2,1)(0,344)}{6}\right]^2}{\left[1,39 - \frac{(2,1)^2}{6}\right]\left[0,035966 - \frac{(0,344)^2}{6}\right]} \\
 &= \frac{(0,2235 - 0,1204)^2}{(1,39 - 0,735)(0,035966 - 0,019723)} \\
 &= \frac{0,01063}{0,1064} \\
 &= 0,999
 \end{aligned}$$

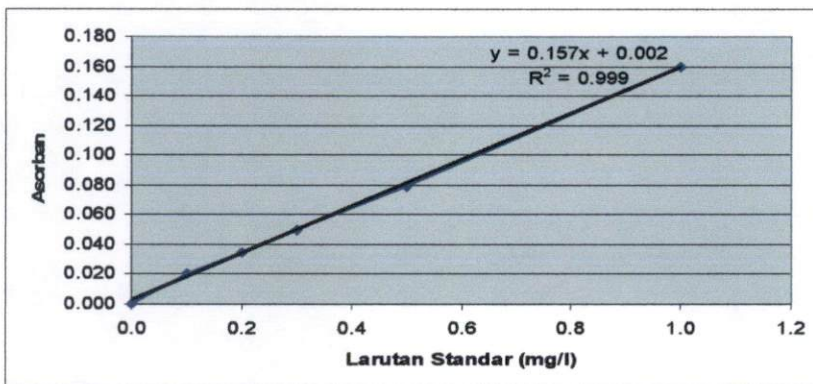
Lampiran 3. Perhitungan Persamaan Regresi Antara Absorban dan Larutan Standar (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 b &= \frac{xy - \frac{(X)(y)}{n}}{x^2 - \frac{(X)^2}{n}} \\
 &= \frac{0,2235 - \frac{(2,1)(0,344)}{6}}{1,39 - \frac{(2,1)^2}{6}} \\
 &= \frac{0,1031}{0,655} \\
 &= 0,157
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan persamaan regresinya adalah

$$\begin{aligned}
 Y &= Y + B (x - X) \\
 &= 0,0573 + 0,157 (x - 0,35) \\
 &= 0,0573 + 0,157 x - 0,05495 \\
 &= 0,157 x - 0,002
 \end{aligned}$$

Maka persamaan garisnya yaitu $Y = 0,157 x - 0,002$



Berdasarkan perhitungan melalui persamaan regresi diatas maka dapat ditentukan nilai dari masing-masing logam pada sampel yang akan diuji.

Lampiran 4. Data Penurunan Konsentrasi Logam Pb dan Cu oleh Tanaman Kiambang

Logam Pb Penelitian Pendahuluan

Perlakuan	Konsentrasi awal (0 Jam) (mg/L)	Penurunan Konsentrasi Logam Pb oleh Kiambang (mg/L)					
		24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam	120 Jam	144 Jam
Perlakuan 1a	1,5	1,286	1,117	0,896	0,740	0,571	0,519
Perlakuan 1b	2,0	1,623	1,494	1,286	1,156	0,987	0,818

Logam Cu Penelitian Pendahuluan

Perlakuan	Konsentrasi awal (0 Jam) (mg/L)	Penurunan Konsentrasi Logam Pb oleh Kiambang (mg/L)					
		24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam	120 Jam	144 Jam
Perlakuan 1a	0,3	0,280	0,255	0,221	0,185	0,159	0,121
Perlakuan 1b	0,4	0,357	0,306	0,248	0,217	0,197	0,172

Lampiran 4. Data Penurunan Konsentrasi Logam Pb dan Cu oleh Tanaman Kiambang (Lanjutan)

Logam Pb Penelitian Lanjutan

Perlakuan	Konsentrasi awal (0 Jam) (mg/L)	Penurunan Konsentrasi Logam Pb oleh Kiambang (mg/L)					
		24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam	120 Jam	144 Jam
Perlakuan 1a	1,5	1,351	1,221	0,987	0,776	0,662	0,558
Perlakuan 1b	1,5	1,351	1,182	0,987	0,792	0,675	0,571
Perlakuan 1c	1,5	1,325	1,247	1,000	0,805	0,714	0,636
Perlakuan 2a	2,0	1,675	1,545	1,378	1,221	1,039	0,870
Perlakuan 2b	2,0	1,727	1,558	1,377	1,195	0,987	0,818
Perlakuan 2c	2,0	1,688	1,506	1,325	1,156	0,961	0,766

Logam Cu Penelitian Lanjutan

Perlakuan	Konsentrasi awal (0 Jam) (mg/L)	Penurunan Konsentrasi Logam Pb oleh Kiambang (mg/L)					
		24 Jam	48 Jam	72 Jam	96 Jam	120 Jam	144 Jam
Perlakuan 1a	0,3	0,287	0,268	0,242	0,210	0,185	0,140
Perlakuan 1b	0,3	0,293	0,274	0,248	0,210	0,178	0,134
Perlakuan 1c	0,3	0,280	0,261	0,242	0,204	0,172	0,127
Perlakuan 2a	0,4	0,350	0,306	0,274	0,229	0,210	0,185
Perlakuan 2b	0,4	0,376	0,318	0,261	0,223	0,198	0,178
Perlakuan 2c	0,4	0,369	0,312	0,274	0,229	0,204	0,185

Lampiran 5. Perhitungan Lama Waktu Pemulihan Kualitas Air

$$\text{Rumus persamaan : } \frac{y - y_1}{y_1 - y_2} = \frac{x - x_1}{x_1 - x_2}$$

Keterangan :

y = Konsentrasi logam berat (mg/L)

x = Waktu penurunan konsentrasi (jam)

1. Perhitungan lama waktu logam berat Timbal (Pb)

Diketahui :

Konsentrasi Pb (y)		Waktu (x)	
y ₁	y ₂	x ₁	x ₂
1,217	0,991	48	72
1,191	0,996	96	120

y = 1,00 mg/L (batas baku mutu kualitas air pertanian)

Perhitungan :

1. Lama waktu penurunan Pb pada perlakuan 150 % mencapai baku mutu kualitas air pertanian

$$\frac{y - y_1}{y_1 - y_2} = \frac{x - x_1}{x_1 - x_2}$$

$$\frac{1 - 1,217}{1,217 - 0,991} = \frac{x - 48}{48 - 72}$$

$$\frac{-0,217}{0,226} = \frac{x - 48}{-24}$$

$$(-0,96) * (-24) = x - 48$$

$$23,04 = x - 12$$

$$X = 71,04 \text{ Jam}$$

2. Lama waktu penurunan Pb pada perlakuan 200 % mencapai baku mutu kualitas air pertanian

$$\frac{y - y_1}{y_1 - y_2} = \frac{x - x_1}{x_1 - x_2}$$

Lampiran 5. Perhitungan Lama Waktu Pemulihan Kualitas Air (Lanjutan)

$$\frac{1-1,191}{1,191-0,996} = \frac{x-96}{96-120}$$

$$\frac{-0,191}{0,195} = \frac{x-96}{-24}$$

$$(-0,98) * (-24) = x-96$$

$$23,52 = x-96$$

$$X = 119,52 \text{ Jam}$$

2. Perhitungan lama waktu logam berat Tembaga (Cu)

Diketahui :

Konsentrasi Cu (y)		Waktu (x)	
y1	y2	x1	x2
0,208	0,178	96	120
0,204	0,183	120	144

y = 0,2 mg/L (batas baku mutu kualitas air pertanian)

Perhitungan :

1. Lama waktu penurunan Cu pada perlakuan 150 % untuk mencapai baku mutu kualitas air pertanian

$$\frac{y-y1}{y1-y2} = \frac{x-x1}{x-x2}$$

$$\frac{0,2-0,208}{0,208-0,178} = \frac{x-96}{96-120}$$

$$\frac{-0,008}{0,03} = \frac{x-96}{-24}$$

$$(-0,27) * (-24) = x-96$$

$$6,48 = x-96$$

$$x = 102,48 \text{ jam}$$

Lampiran 5. Perhitungan Lama Waktu Pemulihan Kualitas Air (Lanjutan)

2. Lama waktu penurunan Cu pada perlakuan 200 % untuk mencapai baku mutu kualitas air pertanian

$$\frac{y - y_1}{y_1 - y_2} = \frac{x - x_1}{x_1 - x_2}$$

$$\frac{0,2 - 0,204}{0,204 - 0,183} = \frac{x - 120}{120 - 144}$$

$$\frac{-0,004}{0,021} = \frac{x - 120}{-24}$$

$$(-0,19) * (-24) = x - 120$$

$$4,56 = x - 120$$

$$x = 124,56 \text{ jam}$$

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Tanaman Kiambang (*Salvinia molesta*)



Gambar 2. Pencampuran Pb dan Cu pada Masing-Masing Perlakuan



Gambar 3. AAS (*Atomic Absorption Spektropometer*).